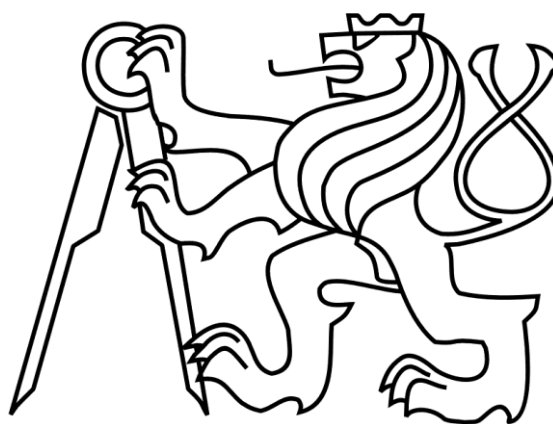


České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

katedra hydrauliky a hydrologie



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Protipovodňová ochrana Starých Ouholic

Flood protection in Staré Ouholice village

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ivana Marešová, CSc.

květen 2016

Jakub FRÜHBAUER



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Tháškova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

studijní program: SI
studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby
akademický rok: 2015/2016

Jméno a příjmení studenta: Jakub Fröhbauer
Zadávací katedra: K141 - Katedra hydrauliky a hydrologie
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ivana Marešová, CSc
Název bakalářské práce: Protipovodňová ochrana Starých Ouholic
Název bakalářské práce
v anglickém jazyce: Flood protection in Staré Ouholice village

Rámcový obsah bakalářské práce: Obce, ležící na březích Vltavy, bývají vždy v nezanedbatelné míře postiženy povodněmi. Zpracujte studii současného stavu protipovodňové ochrany obce Nová Ves - Staré Ouholice v okrese Mělník. Na základě této studie a dostupných podkladů vypracujte variantní návrhy nových opatření, řešících zvýšení protipovodňové ochrany a proveďte výpočet průběhu hladin povodňových průtoků. Vyčíslíte ovlivnění průchodu povodňových průtoků navrženými protipovodňovými opatřeními.

Datum zadání bakalářské práce: 25.2.2016 Termín odevzdání: 22. 5. 2016
(vyplňte poslední den výuky příslušného semestru)

Pokud student neodevzdal bakalářskou práci v určeném termínu, tuto skutečnost předem písemně zdůvodnil a omluva byla děkanem uznána, stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání bakalářské práce. Pokud se však student řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student zapsat bakalářskou práci podruhé. Studentovi, který při opakovaném zápisu bakalářskou práci neodevzdal v určeném termínu a tuto skutečnost řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, se ukončuje studium podle § 56 zákona o VŠ č. 111/1998. (SZŘ ČVUT čl. 21. odst. 4)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s metodickým pokynem ČVUT 1/2009 „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

V Praze, dne

Jakub Frühbauer

.....

.....

Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat paní Ing. Ivaně Marešové, CSc. za odborné vedení a pomoc při zpracování bakalářské práce. Další poděkování patří panu Ing. Filipu Urbanovi za jeho čas a přínosné konzultace. Nakonec bych rád poděkoval pracovníkům státního podniku Povodí Vltavy a rovněž společnosti VHS PROJEKT, s.r.o. za poskytnutí potřebných podkladů.

Anotace

Cílem této práce je vypracování návrhu opatření, řešících zvýšení protipovodňové ochrany obce Nová Ves – Staré Ouholice v okrese Mělník, která byla v minulosti ve značné míře postižena povodněmi. Návrhu předcházela obhlídka lokality a následné zpracování studie současného stavu protipovodňové ochrany. Z dostupných podkladů a informací o charakteru území, vybudovaných opatření, hydrologii toku, průběhu a dopadu historických povodní je vypracován variantní návrh ochranné protipovodňové hráze. Účinnost obou variant je ověřena výpočtem průběhu hladin povodňových průtoků a výpočtem ovlivnění průchodu povodňových průtoku navrženými ochrannými hrázemi.

Klíčová slova: povodně, protipovodňová opatření, ochranná hráz, Staré Ouholice

Annotation

The aim of this work is proposing measures to improve flood protection of the municipality of Nová Ves – Staré Ouholice district Mělník, which was significantly affected by floods in the past. The visual inspection of locality and a study of the current state of flood protection preceded the proposal. From the available materials and information about the character of the area, already built flood protection, river hydrological data and progression of historic floods is drawn up variant proposal of protective levees. The effectiveness of both variants is verified by calculation of water surfaces during flood flow rates and calculation of proposed protective levees influence on flood flow passage.

Key words: flood, flood protection, levee, Staré Ouholice

Obsah práce:

ÚVOD.....	8
PODKLADY	8
1 ZÁKLADNÍ INFORMACE	9
1.1 Popis obce.....	9
1.2 Popis území	9
2 HISTORICKÉ POVODNĚ	11
2.1 Povodeň 2002	11
2.2 Povodeň 2006	12
2.3 Povodeň 2013	13
3 AKTUÁLNÍ STAV PROTIPOVODŇOVÉ OCHRANY	15
3.1 Ochrana Starých Ouholic.....	15
3.2 Protipovodňová hráz Mířejovice	15
3.3 Úpravy koryta a inundačního území u Mířejovic	17
3.4 Hrazení podjezdu a propustku pod železniční tratí u Nových Ouholic.....	18
4 NÁVRH PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ	21
4.1 Hydrologická data.....	21
4.2 Postup vody během povodňových průtoků.....	22
4.3 Návrh protipovodňové hráze	23
4.3.1 Ochranná hráz na Q_{10} - Q_{20}	23
4.3.2 Ochranná hráz na Q_{100}	24
5 VÝPOČET PRŮBĚHU HLADIN BĚHEM POVODŇOVÝCH PRŮTOKŮ...27	
5.1 Kalibrace modelu.....	27
5.2 Výpočet pro ochrannou hráz na Q_{10-20}	27
5.3 Výpočet pro ochrannou hráz na Q_{100}	29
6 ZÁVĚR.....	30
7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ INFORMACÍ.....	31
8 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	34

ÚVOD

Staré Ouholice jsou součástí obce Nová Ves. Vesnice se nachází na levém břehu dolního toku Vltavy. Vzhledem k umístění v bezprostřední blízkosti toku obyvatelé bojují prakticky od jejich založení s ničivými povodněmi. Avšak v posledních letech rapidně stoupl počet obyvatel a vyrostly zde desítky nových domů. Vzrostla tak i potřeba a zájem obyvatel chránit toto území včetně jejich nemovitosti před škodami vzniklými během povodní.

Práce se zabývá návrhem protipovodňových opatření, která by zvýšila ochranu Starých Ouholic. V rámci zjištění průběhu a důsledku povodňových průtoků v zájmovém území jsou v práci popsány významné historické povodně včetně příčin jejich vzniku.

Dále práce popisuje současný stav protipovodňové ochrany a dokončené úpravy související s návrhem. Jedná se tak o úpravy hráze a výstavbu mobilních hrazení v sousedních vesnicích, které jsou rovněž součástí Nové Vsi a také úpravy koryta Vltavy a přilehlého inundačního území.

Výsledný návrh protipovodňových opatření vychází ze získaných informací a podkladů, z dostupných hydrologických dat a z průběhu povodňových průtoků. Skládá se ze dvou variant ochranné hráze. První varianta je zpracována na hodnotu přibližně dvacetiletého průtoky. Druhá pak navrhuje ochranu na průtok stoletý.

Nakonec je zjištěna funkčnost obou návrhů výpočtem výsledného průběhu hladin během povodňových průtoků a následným vyčíslením míry ovlivnění průchodu povodňové vlny ochrannými hrázemi.

PODKLADY

Pro zpracování bakalářské práce byly použity tyto podklady.

Hydrologické podklady:

- Hodnoty N-letých průtoků (ČHMÚ)

Topologické podklady:

- Základní mapa 1 : 10 000 (ČZÚK, a.s.)

Podklady poskytnuté státním podnikem Povodí Vltavy v elektronické podobě za účelem zpracování bakalářské práce.

- Mapy povodňových nebezpečí (Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500})
- Záplavová území Q_{100} pod Prahou

Podklady poskytnuté společností VHS PROJEKT, s.r.o. v elektronické podobě za účelem zpracování bakalářské práce.

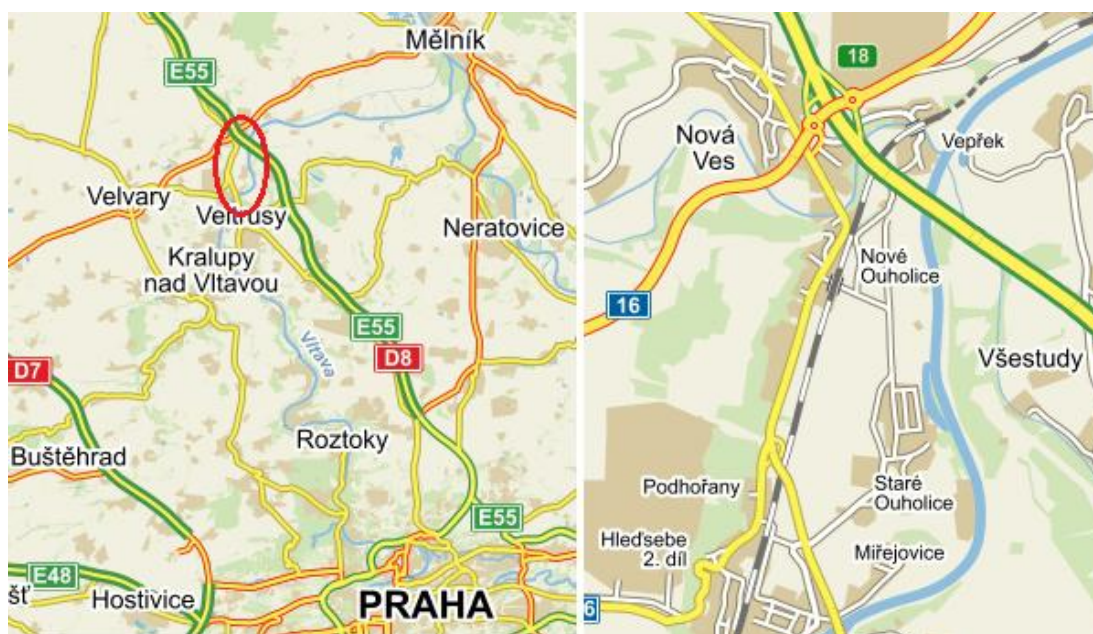
- Projekt odstranění následků povodňových škod z 06/2013
- Projekt protipovodňových opatření Nové Ouholice
- Výkres zaměření a skutečného provedení protipovodňové hráze

1 ZÁKLADNÍ INFORMACE

1.1 Popis obce

Obec Nová Ves se nachází v okrese Mělník v Středočeském kraji. Rozkládá se přibližně osm kilometrů severně od města Kralupy nad Vltavou a asi šestnáct kilometrů jihozápadně od města Mělník. Obec se skládá z pěti místních částí: Nová Ves, Miřejovice, Vepřek, Nové Ouholice a Staré Ouholice.

Část Staré Ouholice, kterou se zabývá tato práce, leží asi dva kilometry na jihovýchod od Nové Vsi na levém břehu Vltavy, v těsné blízkosti toku přibližně na 15,5 ř. km. Je zde evidováno 96 adres.



Obr. 1: Vyznačení lokality na mapě [1]

1.2 Popis území

Staré Ouholice spadají pod katastrální území Nové Ouholice o výměře 3,42 km². V jižní části Starých Ouholic, směrem k Miřejovicím se nachází původní zástavba. Severní část vesnice je tvořena rodinnými domy, převážně vybudovanými po roce 2002. Dle územního plánu [2] se pozemky v okolí využívají především k zemědělským účelům jako orná půda.

Západně od Starých Ouholic vede přes Nové Ouholice železniční koridor traťového úseku 090 (Praha – Vraňany – Ústí nad Labem – Děčín). V těchto místech je vybudován na náspu, přibližně 171,5 m n.m. Jinak se celé území mezi silnicí

II/608, vedoucí z Veltrus do Nové Vsi (viz obr. 1), až po svah mezi Vepřkem a Novými Ouholicemi, na který je napojen mostní objekt dálnice D8, nachází v rovinaté oblasti s jen nepatrným převýšením. Okolní zemědělské pozemky jsou přibližně 169 m n.m. Staré Ouholice jsou zhruba o jeden metr vyvýšené. Nejvyšší bod na návsi je necelých 171 m n.m.



Obr. 2: Letecký snímek Starých Ouholic [3]

2 HISTORICKÉ POVODNĚ

Vzhledem k umístění obce a charakteru území je v historických kronikách zaznamenána celá řada povodní. Největší je pravděpodobně z února 1784, která byla způsobena prudkým táním velké zásoby sněhu a rozlámanými kusy ledu. Koryto bylo v té době více na východ, Starými Ouholicemi protékalo pouze úzké vedlejší rameno a nebyly tak zasaženy hlavním proudem. Proud však zasáhl Velké Ouholice, nacházející se o kousek dále po toku, které byly při této povodni zcela zničeny. Lidé se přestěhovali k nedaleké stráni a vznikly tak Nové Ouholice. Série záplav z let 1783 až 1785 by se dala přirovnat k povodni z roku 2002. Další velké povodně, kdy došlo k zatopení Ouholic i přilehlých obcí byly např. v letech 1770, 1789, 1807, 1824, 1830, 1845, 1890, 1940. [4]

2.1 Povodeň 2002

V nedávné historii byla obec postižená povodní v srpnu roku 2002. Tato katastrofální povodeň, která zasáhla celou střední Evropu, byla způsobena pomalým postupem dvou výrazných tlakových níží přes Českou republiku a s nimi spojené mimořádně vydatné vlny srážek, které zasáhly prakticky celé povodí řeky Vltavy. Nejvyšší srážkové úhrny na povodí Vltavy se vyskytly v jižních Čechách. V oblasti Českokrumlovsko spadlo během první vlny ve dnech 6. - 7. srpna 130-200 mm srážek. Následovaly lokální lijáky a bouřky s úhrnem až 55 mm. Dne 11. srpna přišla druhá vlna srážek a úhrn byl v období do 13. srpna dalších 100-130 mm. Na zbytku povodí okolo 80-120 mm.

V průběhu první srážkové epizody byla vzniklá povodňová vlna značně redukována nádržemi Vltavské kaskády. Prahou tak procházel vrchol vlny při neškodném 5letém průtoku $1770 \text{ m}^3/\text{s}$. Přestože se podařilo uvolnit retenční prostor nádrží, nastal v důsledku vysokého nasycení povodí, těsně po nástupu druhé vlny, velmi rychlý vzestup hladin. Přičemž ve druhé vlně byl v profilu Praha – Malá Chuchle zaznamenán 14. srpna kulminační průtok $5160 \text{ m}^3/\text{s}$, to se rovná přibližně 500letému průtoku. [5]

Průběh povodně ve Starých Ouholicích byl stejně jako na celém úseku Vltavy, od Kralup až po Mělník charakteristický širokými rozlivy na levém i pravém břehu. Docházelo zde k prvním výrazným přirozeným transformacím kulminačního

průtoku na Vltavě pod Vltavskou kaskádou. Zaplaveny byly v podstatě všechny okolní zemědělské pozemky a příjezdové komunikace. Nejprve silnice vedoucí do Nových Ouholic, poté i silnice do Nelahozevsi. Hladina vody ve Starých Ouholicích dosáhla kóty 170,56 m n.m. [8] Vesnice byla až na pár domů zcela zaplavena (viz obr. 3). Stejně tak došlo k zaplavení a značným škodám v sousedních vesnicích Měřejovce, Vepřek, Nové Ouholice i v samotné Nové Vsi.



Obr. 3: Staré Ouholice a Měřejovce povodeň 2002 [7]

2.2 Povodeň 2006

Další povodň byla obec postižena již na přelomu března a dubna v roce 2006. Způsobila je kombinace trvalých, intenzivních srážek a prudkého oteplení, které vedlo k rychlému tání značných sněhových zásob. [11] V profilu Praha – Malá Chuchle byl zaznamenán průtok $1480 \text{ m}^3/\text{s}$, v profilu ve Vraňanech, nacházejícím se asi 6 km od Starých Ouholic, dál směrem po toku bylo naměřeno $1330 \text{ m}^3/\text{s}$, to odpovídá přibližně Q_2 - Q_5 [10]. Voda se dostala na několik pozemků v jižní části Starých Ouholic a do průmyslové oblasti jižně od Ouholic (viz obr. 4). Nedošlo ale k větším škodám na majetku.



Obr. 4: Staré Ouholice povodeň 2006 [9]

2.3 Povodeň 2013

Poslední povodní, která se vyskytla na území Starých Ouholic, byla povodeň na konci května a začátku června 2013. Celý měsíc květen byl srážkově nadnormální. Již 27. května byla povodí poměrně silně nasycená, srážky, které v Čechách spadly do konce května, nasycení půdy ještě zvýšily. V období od 29.5. do 5.6. 2013 napršelo v Čechách v plošném průměru přes 100 mm srážek, v některých oblastech až 180 mm. Důsledkem byl velmi rychlý nástup povodní. [12]

Pro tuto povodeň byl tedy významný extrémně rychlý nárůst průtoků. Manipulací na nádržích Vltavské kaskády se oddálila kulminace Vltavy v Praze a na dolním toku Vltavy, hodnota kulminačního průtoků však výrazněji snížena nebyla. V profilu Praha – Malá Chuchle byl kulminační průtok $3040 \text{ m}^3/\text{s}$ odpovídající Q_{20} - Q_{50} . Dále byla povodeň výjimečná tím, že ke zhoršení situace významnou měrou přispěly menší přítoky, které většinou nemají velký vliv. Pod Malou Chuchlí se jedná hlavně o Rokytku, pražskou ÚČOV a Botič, kde průtoky dosahovaly hodnot Q_{50} - Q_{100} . Průtok ovlivnil také neměřitelný přítok z mezipovodí, kdy se voda dostala do Vltavy přímo z okolních strání. [12]

V Nové Vsi byl 2. června vyhlášen nouzový stav. V okolí Starých Ouholic, došlo k širokému rozlivu Vltavy na zemědělské pozemky. V té době se zde nacházela vysoká vegetace před sklizní, která výrazně zhoršila odtokové poměry. Situaci zhoršily ještě nánosy naplavenin z povodní 2002 a 2006 v přilehlém

inundačním území, zejména v Měřejovicích. Faktory ovlivňující odtok z území v kombinaci s navýšením průtoku o přítoky z menších toků a mezipovodí, způsobily, že Vltava ve Starých Ouholcích dosáhla kóty 169,78 m n.m. To přibližně odpovídá hodnotě stoleté vody. Došlo k zatopení celkem 18 nemovitostí a ČOV. Zatopeny byly také příjezdové komunikace do Nové Vsi i do Nelahozevsi (viz obr. 5). Obyvatelé z nezatopené části, kteří nebyli evakuováni, zůstali odříznuti až do opadnutí vody. Z okolních vesnic byly nejvíce postiženy Měřejovice, kde voda zaplavila 23 nemovitostí. Škody však vznikly i ve Vepřku a v Nových Ouholcích, do kterých voda přitekla podjezdem a propustkem v železničním koridoru. Celkové škody vzniklé na majetku obce i fyzických osob v Nové Vsi byly odhadnuty na 95 000 000 Kč. [8]



Obr. 5: Staré Ouholice povodeň 2013[6]

3 AKTUÁLNÍ STAV PROTIPOVODŇOVÉ OCHRANY

3.1 Ochrana Starých Ouholic

Ve Starých Ouholicích v současné době není realizována žádná trvalá protipovodňová ochrana. K vyběžení Vltavy z koryta přitom dochází už při dvouletém průtoku. Při průtoku desetiletém už dochází k ohrožení a vzniku škod na nemovitostech, hlavně v jihovýchodní části Starých Ouholic.

Během povodní neprobíhá ani ochrana nějakým typem z mobilních hrazení. Vzhledem k charakteru území a velikosti rozlivu během závažnějších povodní, kdy jsou Staré Ouholice ze všech stran obklopeny vodou, by takové hrazení muselo být velmi dlouhé a z časových důvodů pravděpodobně nerealizovatelné.

V povodňovém plánu obce Nová Ves [13] je v souvislosti s ochranou Starých Ouholic vyřešeno pouze zabezpečení technologického zařízení ČOV tak, aby na něm byly minimalizovány škody a bylo možné čistírnu v co nejkratší době po povodni vrátit do provozu. Těmto požadavkům je přizpůsoben provozní řád čistírny s plánem demontáže technologických zařízení, konkrétně se jedná o demontáž dmychadlového soustrojí, kompresoru pro čerpání vratného a přebytečného kalu a plovoucích nečistot, elektrorozvaděče s řídicím systémem a vyhodnocovače měření průtoku na odtoku. Dále je zde přesný plán jak postupovat po povodni.

3.2 Protipovodňová hráz Miřejovice

Miřejovice se nacházejí asi 700 m jižně od Starých Ouholic. Rozkládají se rovněž na levém břehu Vltavy, v těsné blízkosti toku, který se v těchto místech stáčí doprava směrem na Veltrusy. Při zvýšených průtocích, již okolo 1800 m³/s, což odpovídá pětiletému průtoku, dochází k vyběžení Vltavy na levý břeh do inundačního prostoru. Hlavní proud má poté tendenci pokračovat rovně přímo na Miřejovice. K odklonění hlavního proudu a zvětšení rozlivu na levý břeh rovněž napomáhá hráz na pravém břehu, vybudovaná po povodni v roce 2002 jako ochrana veltruského parku. Vliv hráze se projevil i v průběhu povodně 2013, kdy odklonění proudu způsobilo zvětšení rozlivu na levém břehu a vymílání břehu. Při následném poklesu povodňové vlny došlo k výraznému zanášení prostor inundačního území.

K ochraně Miřejovic před zatopením a proudící vodou zde byla v minulosti vybudována selská hráz. Během povodně v roce 2013 došlo k jejímu přelití a vlivem silného proudění i k značnému poškození. Na hrázi se nacházely propadlé části a měla nerovnoměrně vysokou korunu. Její stav pro protipovodňovou ochranu nebyl vyhovující a na jaře roku 2016 došlo k její opravě. Hráz byla dosypána tak, aby byla její koruna sjednocena do původní výškové úrovně odpovídající hladinovému zaplavení přibližně $Q_{2013} - 0,7$ m. To znamená ochranu na průtok Q_{10} - Q_{20} . Před započítím opravy byla sejmuta ornice a upraven povrch stávající hráze tak, aby bylo zajištěno napojení nově ukládaných vrstev zeminy a celková homogenita sypané hráze. Výstavba a hutnění hráze bylo provedeno po vrstvách. Hráz začíná asi 100 m za mostem komunikace II/608 v místech, kde se nachází první nemovitosti a pokračuje podél celých Miřejovic (viz příloha č.1). Celková délka hráze je nyní asi 615 m. Šířka koruny hráze je sjednocena na 4,0 m, svahy jsou ve sklonu 1:3 jak na vzdušní tak na návodní straně. [15] Současný stav hráze je patrný z obrázků č. 6 - 8.



Obr. 6: Pohled na začátek hráze ze vzdušného líce



Obr. 7: Pohled na hráz z návodního líce



Obr. 8: Zakončení hráže za Miřejovicemi

3.3 Úpravy koryta a inundačního území u Miřejovic

V druhé polovině roku 2011 proběhly úpravy koryta Vltavy v úseku mezi jezem Miřejovice a Starými Ouholicemi. Jez se nachází v Nelahozevsi na 18,0 ř. km, asi 500 m proti proudu od samotných Miřejovic. Účelem bylo zlepšení průtokových poměrů, zvýšení kapacity koryta a snížení rozlivu v říční trati při průchodu velkých vod. Dalším požadavkem bylo zlepšení plavebních podmínek a jejich srovnání s okolními úseky toku. Stavba byla rozdělena na dva stavební objekty (oba vyznačeny v příloze č.1). Jako první bylo provedeno snížení terénu u pravého břehu mezi jezem Miřejovice a silničním mostem komunikace II/608. Úprava břehu je ukončena u kamenného záhozu kolem mostního pilíře. Druhou částí bylo rozšíření koryta do levého břehu. Úprava začíná pod silničním mostem a končí za obloukem v místech průmyslové oblasti, která se nachází jižně od Starých Ouholic, přibližně na

16,0 ř. km. Koryto řeky bylo rozšířeno do levého břehu v délce více než 1 km. Odtěženo bylo téměř 66 000 m³ výkopku. [16]

V roce 2015 proběhla úprava inundačního území mezi korytem a ochrannou hrází v Miřejovicích. Úprava probíhala před opravou poškozené hráze po povodni 2013. Došlo k odstranění naplaveného materiálu a náletových dřevin. Dále byly zplanýrovány do miskovitého tvaru dva pozemky, na kterých se nacházela vyvýšená místa a terénní nerovnosti, zhoršující odtokové poměry. [15]

3.4 Hrazení podjezdu a propustku pod železniční tratí u Nových Ouholic

Při zvýšených průtocích dochází v okolí Starých Ouholic k vybřežení Vltavy. Už při průtoku Q_{10} - Q_{20} dochází ke značným rozlivům a voda se dostává k náspu železničního koridoru, který vede přes Nové Ouholice. Během povodní v roce 2002 i 2013 se voda dostala za těleso železničního koridoru propustkem, podjezdem a podchodem pod drahou (objekty vyznačeny v příloze č.1). Za podchodem se ze strany obce nachází zemní val. Zaplavena tak byla jen malá nezastavěná část obce. Za propustkem a podjezdem však došlo k zaplavení rozsáhlého území včetně komunikace II/608, což je během povodní jedna z hlavních evakuačních tras. Voda zasáhla také nemovitosti v Nových Ouholicích a došlo ke značným škodám na majetku. Vzhledem k předchozím zkušenostem byl v roce 2013 vypracován návrh zahrazení podjezdu a propustku, aby se voda nedostala za těleso železničního koridoru a ten mohl sloužit jako liniová protipovodňová ochrana.

Železniční propustek se nachází v km 443,819 na traťovém úseku 090. Je tvořen železobetonovým potrubím o průměru 1000 mm na obou koncích opatřeným železobetonovými portály. K utěsnění slouží vak vyrobený z kvalitní pryže vyztužené tkaninou (viz obr. 9). Ten je vložen na konec propustku směrem k protivodní straně a následně z chráněné strany natlakován vzduchem na 0,25 MPa. Takto nainstalovaný vak by měl vydržet tlak až 10 m vodního sloupce po celou dobu průběhu povodňové vlny. [13]



Obr. 9: Zahrazený propustek během suché zkoušky [18]

Železniční podjezd se nachází v km 444,610 na traťovém úseku 090. Je obdélníkového průřezu světlé výšky 3,4 m a šířky 5,0 m. Konstrukce spočívá v železobetonových podpěrách, na které je osazena mostovka dráhy. Dočasný návrh hrazení spočíval v zatarasení podjezdu pomocí hráze z velkých vaků, tzv. Big-Bag Harbeck, plněných hlinitojílovitým pískem. Vaky byly vyskládány na protivodní straně podjezdu do několika vrstev tak, aby hradily požadovanou výšku. Celá hráz byla ještě na návodní straně opatřena předsazenou PVC fólií (viz obr. 10).



Obr. 10: Návěs výstavby původního návrhu hrazení podjezdu [18]

Z důvodu časové náročnosti a počtu pracovníků nutných k zahrazení podjezdu pomocí vaků, byl zpracován návrh mobilního hrazení podjezdu. Stavba byla dokončena na začátku roku 2016. Objekt je tvořen pevnou částí, která se skládá z betonového základu na protivodní straně, do kterého jsou po stranách podjezdu zasazeny ocelové profily, které slouží jako drážky pro zasunutí hliníkových hradítek. Ve středu podjezdu se nachází kotevní deska, sloužící jako základ středové slupice. Ta pak během povodně dělí otvor na dvě pole, zahrazená hliníkovými hradítky a zabezpečená stahovacími tyčemi proti nadzdvihnutí (viz obr. 11). Celková šířka hrazeného otvoru je 5,0 m a je hrazen do výšky 170,43 m n.m., celková výška hradítek je 2,64 m. Úroveň ochrany je na výšku hladiny dosažené při povodni 2002 + 0,16 m. [17]



Obr. 11: Jedno pole mobilního hrazení z návodní strany [18]

4 NÁVRH PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ

4.1 Hydrologická data

Hlásný profil, který během povodní vyhlašuje stupně povodňové aktivity platné i pro Staré Ouholice se nachází na 60,08 ř. km. v Praze v Malé Chuchli. Velikost průtoků a výška hladiny pro jednotlivé stupně povodňové aktivity je uvedena v Tab. 1. Hodnoty N-letých průtoků a nejvyšší zaznamenané povodně jsou uvedeny v Tab. 2.

Tab. 1: Stupně povodňové aktivity Praha – Malá Chuchle [10]

Stupeň povodňové aktivity		
bdělost	450 [m ³ .s ⁻¹]	128 [cm]
pohotovost	1000 [m ³ .s ⁻¹]	223 [cm]
ohrožení	1500 [m ³ .s ⁻¹]	306 [cm]

Tab. 2: N-leté průtoky a historické povodně Praha – Malá Chuchle [10]

N-leté průtoky [m ³ .s ⁻¹]						
Q1	Q2	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100
856,0	1220	1770	2230	2720	3440	4020
Historické povodně (3 nejvyšší zaznamenané po dobu pozorování)						
14.8.2002	5160 [m ³ .s ⁻¹]		N ~>100			
4.6.2013	3040 [m ³ .s ⁻¹]		N ~20-50			
2.4.2006	1480 [m ³ .s ⁻¹]		N ~2-5			

Nejbližší hlásný profil, z kterého jsou tedy průtoky charakterističtější i pro Staré Ouholice, se nachází na 10,8 ř. km ve Vraňanech na pravém břehu Vltavy. Profil je přibližně 300 m pod jezem, který leží necelých 6 km od Starých Ouholic dále po toku. Hodnoty N-letých průtoků a nejvyšší zaznamenané povodně v tomto profilu jsou uvedeny v Tab. 3.

Tab. 3: N-leté průtoky a historické povodně Vraňany [10]

N-leté průtoky [m ³ .s ⁻¹]						
Q1	Q2	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100
875,0	1240	1800	2270	2770	3490	4090
Historické povodně (3 nejvyšší zaznamenané po dobu pozorování)						
15.8.2002	5080 [m ³ .s ⁻¹]		N ~500			
4.6.2013	3140 [m ³ .s ⁻¹]		N ~20-50			
2.4.2006	1330 [m ³ .s ⁻¹]		N ~>2			

4.2 Postup vody během povodňových průtoků

K vyběžení Vltavy z koryta dochází už při Q_2 . Voda vyběží v jihovýchodní části Starých Ouholic, poblíž hráze slepého ramene, a rozlije se na přilehlou louku a pole (viz obr. 4 z povodně v roce 2006). Dochází k ohrožení průmyslové oblasti, nacházející se hned u toku jihovýchodně od Starých Ouholic. U Mířejovic Vltava vybřežuje do inundačního území před hrází. Voda se také začíná dostávat na zemědělské pozemky asi 500 m severně od Starých Ouholic, kde začíná terénní zlom, který se dále táhne podél cesty až ke svahu mezi Vepřkem a Novými Ouholicemi. Lokalita pod tímto svahem se nazývá Pod kostelem (viz příloha č.1). Nadmořská výška všech zmíněných oblastí je přibližně 167 m n.m.

Při Q_5 už voda dosahuje na první pozemky v jižní a jihovýchodní části Starých Ouholic. Ohroženo je zde celkem 11 nemovitostí a dochází k zaplavení cesty do Mířejovic. Dále jsou ohroženy 2 rodinné domy a objekt ČOV ve východní části Starých Ouholic. [13] Severně od Starých Ouholic voda zaplavuje lokalitu Pod kostelem a ohrožena je osamocená nemovitost č.p. 30 vzdálená asi 500 m od Starých Ouholic (viz příloha č.1 čára rozlivu Q_5). Při dalším zvýšení průtoku je zaplavena část komunikace ve směru na Nelahozeves, která je přibližně 169 m n.m. Voda proudí podél nemovitostí v jižní části Starých Ouholic [8] přes cestu a za ní se rozlévá dál do mírné prohlubně, táhnoucí se až k náspu železničního koridoru, jehož pata je téměř po celé délce na stejné úrovni okolo 168 m n.m. K železničnímu koridoru voda přitéká i ze severu od zaplavené lokality Pod kostelem. Voda proudí směrem k železničnímu podjezdu, kterým se v minulosti dostala i za železniční koridor a došlo tak k zaplavení jižní části Nových Ouholic. Při Q_{20} už dochází k poměrně rozsáhlému rozlivu v okolí Starých Ouholic, nejvíce ohroženy jsou i nadále nemovitosti v jižní a východní části Starých Ouholic. Z Nové vsi jsou nejvíce postiženy Mířejovice, dochází k přelití hráze a zaplavení většiny nemovitostí (viz příloha č.1 čára rozlivu Q_{20}). S dalším zvýšením hladiny dochází k zaplavení prakticky všech okolních zemědělských pozemků. Dochází také k nárůstu rychlosti proudění okolo nemovitostí v jižní části Starých Ouholic a podél železničního koridoru. [14] Při Q_{100} voda překročí hranici 170 m n.m. a dochází k zaplavení většiny nemovitostí ve Starých Ouholicích (viz příloha č.1 čára rozlivu Q_{100}). Voda nezasáhne jen několik domů na návsi, které jsou přibližně o jeden metr výš. Při Q_{500}

dochází k zaplavení veškeré zástavby ve Starých Ouholicích (viz příloha č.1 čára rozlivu Q_{500}).

4.3 Návrh protipovodňové hráze

Staré Ouholice se nacházejí na území jen s minimálním převýšením. Během zvýšených průtoků zde dochází k vybřežení Vltavy a k širokým rozlivům, jak již bylo zmíněno výš. Z hlediska účinnosti ochrany a z hlediska její proveditelnosti po ekonomické stránce se tedy jeví jako nejefektivnější řešení vybudování liniové ochrany v podobě protipovodňové hráze. Práce zpracovává následující dvě varianty.

4.3.1 Ochranná hráz na Q_{10} - Q_{20}

Návrh přímo navazuje na konec již vybudované ochranné hráze v Měřejovicích (viz 3.2). Celková délka stávající hráze je 615 m. Úroveň koruny hráze přibližně odpovídá hladině při Q_{20} . Konec hráze je pak nad hladinou asi o 0,2 m převýšený a je ve výšce 169.6 m n. m. Koruna navržené hráze navazuje ve stejné úrovni a po celé délce kopíruje hladinu Q_{20} navýšenou o bezpečnostní marži 0,2 m (viz příloha č.4).

V této práci je navržena sypaná homogenní hráz z vhodného materiálu, např. hlinitý nebo jílovitý štěrk či jílovitý písek (viz příloha č.6). Pokud by se v dosahu stavby nevyskytoval dostatek vhodné zeminy, bylo by třeba navrhnout hráz heterogenní s těsněním na návodním líci nebo se středním těsnícím prvkem. Tento návrh hráze je jen předběžný. Pro přesný návrh by bylo nutné provést v lokalitě geologický průzkum a následně provést výpočty průsaku tělesem hráze a podložím. Dále by bylo třeba posoudit stabilitu hráze a její odolnost vůči účinkům vody, kterým je vystavena během povodní.

Hráz v délce prvních 300 m směřuje k cestě do Starých Ouholic (viz osa návrhu v příloze č.2). Hráz je zde asi 1,0–1,5 m vysoká. Další úsek hráze v délce 400 m vede přes níže položené zemědělské pozemky, které jsou zaplaveny už při Q_5 . Zde hráz dosahuje největší výšky od 2,1 do 2,7 m. Na konci louky se terén opět zvedá. Výška hráze poté kolísá až do konce mezi 1,0–1,5 m. Hráz v těchto místech kopíruje pozemky ve východní části Starých Ouholic až k objektu ČOV. Za ním se stáčí doleva a v délce přibližně 60 m pokračuje po louce podél nemovitostí. Zde se terén zvyšuje nad úroveň Q_{20} a nedochází zde při tomto průtoku k rozlivu. Hráz je

zde ukončena. Koruna hráze na jejím konci je ve výšce 169,3 m n.m. Základní parametry hráze jsou uvedeny v Tab. 4.

Navržená hráz by chránila nejvíce postižené nemovitosti v jižní části Starých Ouholic a také nemovitosti ve východní části společně s ČOV na průtok mezi Q_{10} - Q_{20} . Po dosažení Q_{20} by voda přelila hráz v Miřejovicích. Stále by však byly chráněny nemovitosti ve východní části Starých Ouholic a do jisté míry by bylo omezeno proudění v jižní části. Navržená hráz je odsazená. Nechrání tak průmyslovou oblast, nacházející se hned u toku mezi Miřejovicemi a Starými Ouholicemi. Hráz vedoucí podél toku by výrazně zmenšovala inundační území a negativně tak ovlivňovala úroveň hladiny během povodní. Rovněž by musela být delší a vyšší, to by výrazně zvýšilo investiční náklady na realizaci hráze. Ze stejného důvodu nepočítá návrh s ochranou pozemku č.p. 30 severně od Starých Ouholic.

Tab. 4: Parametry ochranné hráze Q_{10} - Q_{20}

Hladina Q_{20}	169,48 - 169,06	m n. m.
Převýšení nad hladinou Q_{20}	0,20	m
Maximální hrazená výška	2,75	m
Délka hráze	1097	m
Šířka koruny hráze	3,00	m
Sklon svahu návodního líce	1 : 3,0	-
Sklon svahu vzdušného líce	1 : 3,0	-
Odhad objemu hráze	13 800	m ³
Odhad ceny (2700 Kč/ m³) [21]	37 260 000	Kč

4.3.2 Ochranná hráz na Q_{100}

Vzhledem k rozsáhlému rozlivu v okolí Starých Ouholic, ke kterému dochází při Q_{100} , a postupu vody během takové povodně je třeba vést ochrannou hráz od začátku Miřejovic podél Starých Ouholic až k železničnímu náspu u Nových Ouholic.

V Miřejovicích se navržená hráz napojuje na svah, po kterém vede hlavní příjezdová cesta. Ta je ve výšce přibližně 171,4 m n.m. Koruna hráze je po celé délce navržena na úroveň hladiny Q_{100} navýšenou o bezpečnostní marži 0,2 m (viz příloha č.5). V místě napojení je tak koruna hráze ve výšce přibližně 171,1 m n.m. Asi

o 10 m dál začíná stávající ochranná hráz na Q_{10} - Q_{20} . Návrh kopíruje osu stávající hráze, tu je ale třeba navýšit o 0,5-1,1 m. Za koncem stávající hráze směřuje návrh k cestě do Starých Ouholic (viz osa návrhu v příloze č.3). Tento úsek je dlouhý okolo 300 m, hráz je zde vysoká 2,1-2,6 m. V délce dalších 400 m vede hráz přes níže položené zemědělské pozemky, které jsou zaplaveny už při Q_5 . Zde hráz dosahuje největší výšky od 3,3 do 3,8 m. Na konci louky se terén opět zvedá. Hráz dále kopíruje pozemky ve východní části Starých Ouholic až k objektu ČOV. Výška hráze se zde pohybuje mezi 2,0–2,6 m. Za ČOV se stáčí doleva a pokračuje po louce k nemovitostem na severu Starých Ouholic. Zde se kříží s komunikací vedoucí do Nových Ouholic. Odtud hráz směřuje přes zemědělské pozemky až k železničnímu náspu, který tvoří společně s mobilním hrazením liniovou ochranu Nových Ouholic (viz 3.4). Koruna náspu se pohybuje ve výšce okolo 171,3 m n.m. Koruna hráze v místě napojení je 170,3 m n.m. V úseku mezi ČOV a železničním náspem je mimo posledních asi 50 m výška hráze do 1,5 m. V posledních 50 metrech se terén snižuje a u paty náspu je hráz vysoká 2,5 m.

Vzhledem k tomu, že nejvyšší hrazená výška nepřesáhne 4 m, je navržena homogenní sypaná hráz stejně jako v případě ochrany na Q_{20} (viz příloha č.6). Základní parametry hráze jsou uvedeny v Tab. 5.

Při tomto návrhu by bylo chráněno rozsáhlé území ohraničené komunikací II/608, železničním náspem a hrází. Chráněny by byly Staré Ouholice, Miřejovica a velká část zemědělských pozemků až do úrovně hladiny při Q_{100} . Návrh nechrání průmyslovou oblast, nacházející se hned u toku mezi Miřejovicemi a Starými Ouholicemi a nepočítá ani s ochranou pozemku č.p. 30 severně od Starých Ouholic. V obou případech by byla zahrazena rozsáhlá oblast inundačního území a negativně ovlivněna úroveň hladiny během povodní. Rovněž by se tím značně navýšily investiční náklady stavby, které by byly i tak značné. Mimo problému s financováním by se vzhledem k délce a rozsahu tohoto návrhu pravděpodobně vyskytl i problém s vymezením pozemků pro stavbu.

Tab. 5: Parametry ochranné hráze Q_{100}

Hladina Q_{100}	170.96 - 170,08	m n. m.
Převýšení nad hladinou Q_{100}	0,20	m
Maximální hrazená výška	3,80	m
Délka hráze	2407	m
Šířka koruny hráze	3,00	m
Sklon svahu návodního líce	1 : 3,0	
Sklon svahu vzdušného líce	1 : 3,0	
Odhad objemu hráze	cca 46 000	m ³
Odhad ceny (2700 Kč/ m³) [21]	124 200 000	Kč

5 VÝPOČET PRŮBĚHU HLADIN BĚHEM POVODŇOVÝCH PRŮTOKŮ

Výpočet průběhu hladin během povodňových průtoků a ovlivnění hladin navrženou protipovodňovou ochranou je proveden pomocí programu HEC-RAS 5.0.1, ve kterém je vytvořen 2D model proudění zájmové oblasti. Model začíná před jezem v Miřejovicích a končí nad jezem ve Vraňanech.

5.1 Kalibrace modelu

Model byl kalibrován na průtok Q_{100} a následně ověřen na průtok Q_{20} (viz příloha č.7 a č.8). Model byl tedy nastaven tak, aby výsledné hodnoty, zejména pak úrovně hladin během těchto průtoků, odpovídaly hodnotám z map povodňových nebezpečí, které poskytlo Povodí Vltavy, s.p. Pro orientaci jsou v Tab. 6 uvedeny hodnoty použitých drsnostních součinitelů. Horní okrajová podmínka je v obou případech nastavena jako konstantní průtok, tedy Q_{100} nebo Q_{20} . Pro dolní okrajovou podmínku jsou v koncovém profilu použity úrovně hladin při Q_{100} a při Q_{20} , převzaté z map povodňových nebezpečí. Hodnoty jsou uvedeny v Tab. 7. Výsledné úrovně hladin z modelu odpovídají hladinám z map nebezpečí s přesností na 10 cm.

Tab. 6: Použité hodnoty Manningova drsnostního součinitele

Typ povrchu	n
Pole - vysoká tráva	0.65
Koryto	0.32
Les	0.75
Zástavba	0.1

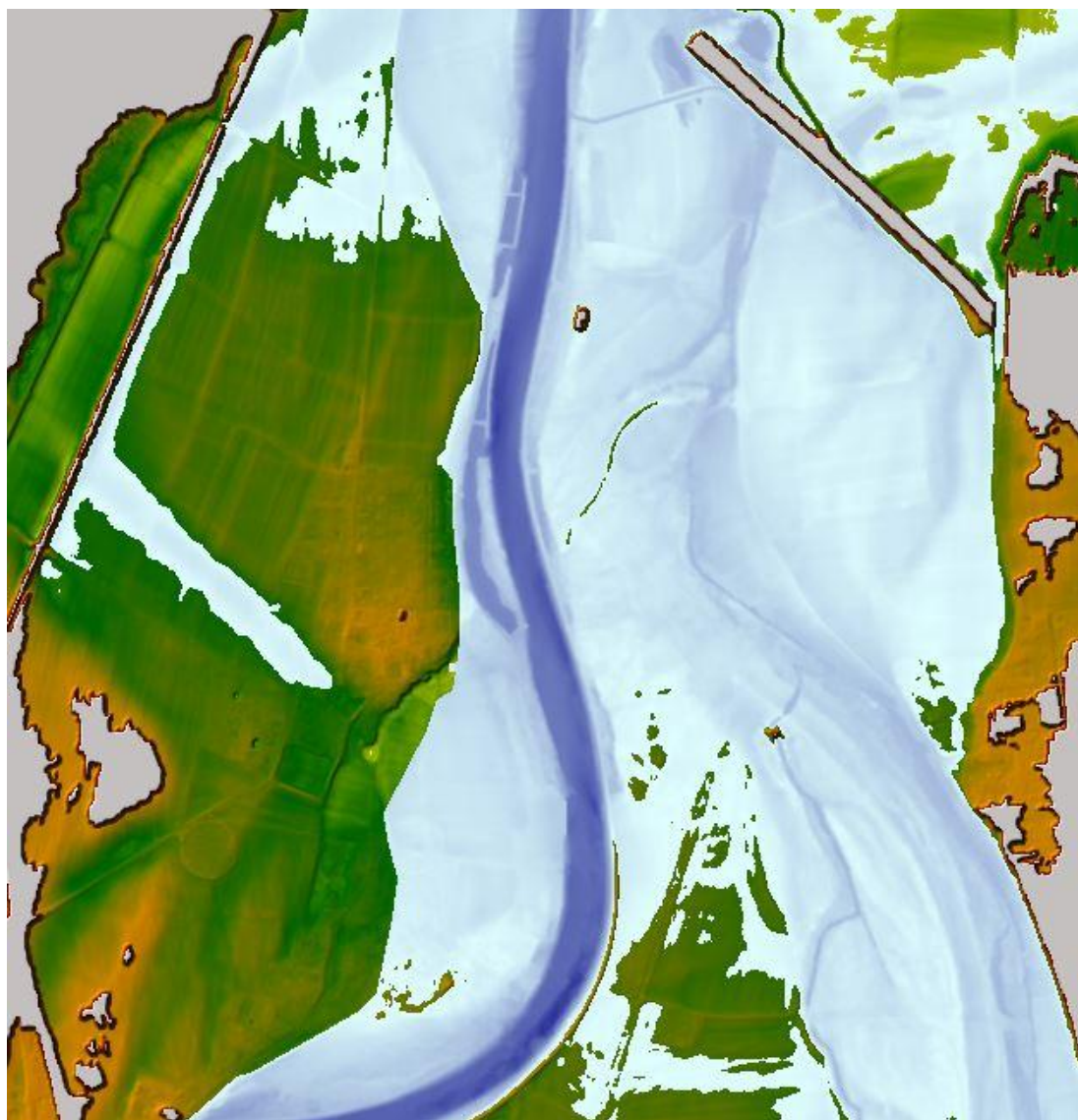
Tab. 7: Hodnoty okrajových podmínek:

Q_N	Q Vraňany	Úroveň hladiny
-	m^3/s	m n.m.
Q_{20}	2770	166,4
Q_{100}	4090	167,1

5.2 Výpočet pro ochrannou hráz na Q_{10-20}

Nejprve byl proveden výpočet průběhu hladiny při průtoku $2500 m^3/s$ (viz příloha č.9). To odpovídá průtoku Q_{10-20} , na který je navržena první varianta protipovodňové hráze, která přímo navazuje na již vybudovanou ochrannou hráz v Miřejovicích.

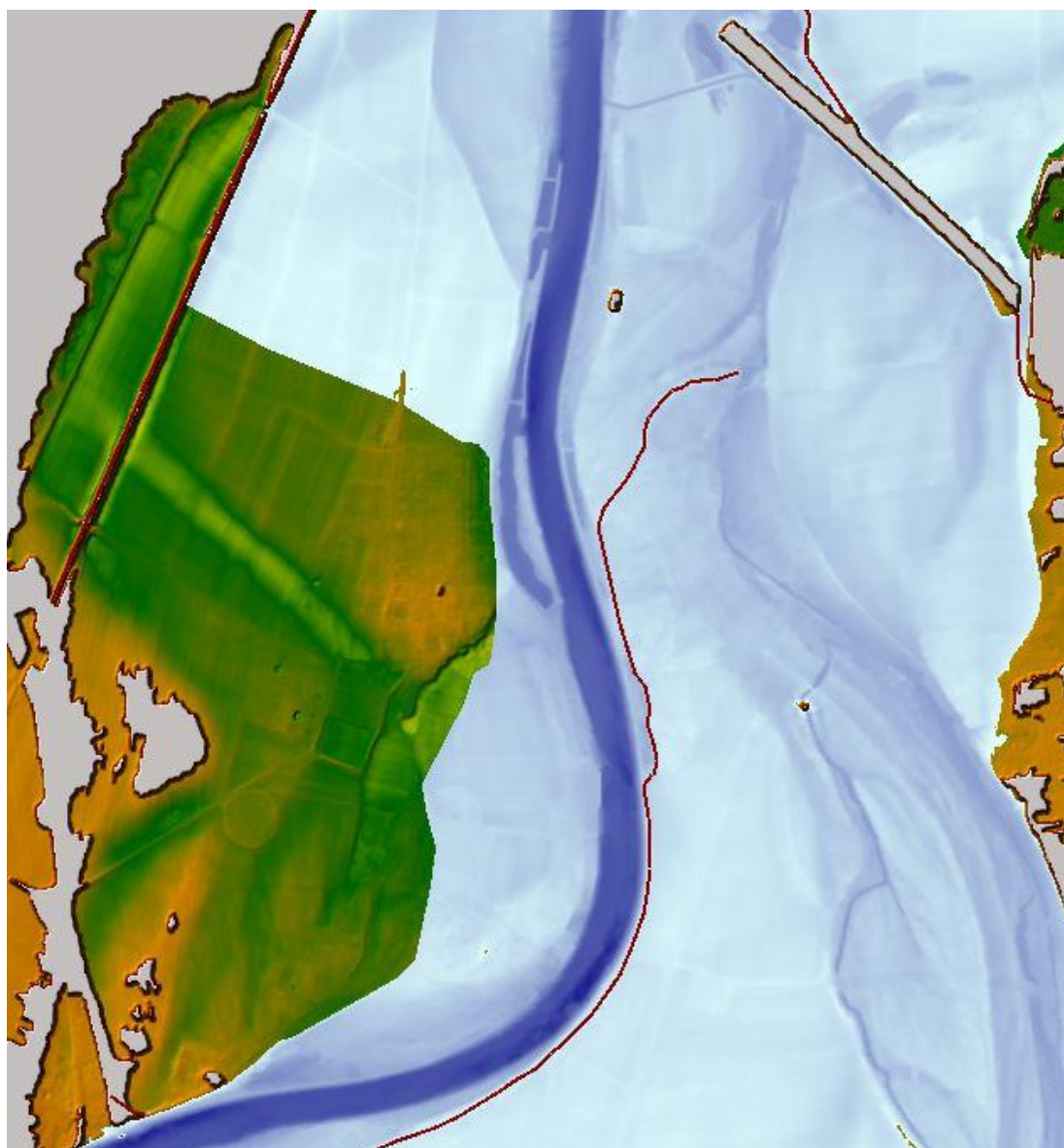
Následně byla hráz přidána do zkalibrovaného modelu a také byly zahrazeny otvory v tělese železničního náspu. Byl proveden výpočet při průtoku $2500 \text{ m}^3/\text{s}$ (viz příloha č.10). Z výsledné úrovně hladiny je patrné, že ochranná hráz plní svou funkci a nedochází k jejímu přelití. Voda se k nemovitostem nedostane ani zpětným vzdutím podél koridoru. Průchod povodňové vlny je navrženou hrází ovlivněn jen nepatrně. Dochází k mírnému vzdutí hladiny do 5 cm hlavně v okolí hráze (viz. příloha č.10). Pod Starými Ouholicemi a na pravém břehu hladina prakticky není ovlivněna.



Obr. 12: Model se znázorněnou hloubkou při Q_{10-20}

5.3 Výpočet pro ochrannou hráz na Q_{100}

Stejně jako v předchozím případě byly nejprve přidány parametry hráze do kalibrovaného modelu a zahrazeny otvory v železničním náspu, poté následoval výpočet. Výsledná úroveň hladiny (viz příloha č.11) nepřevyšuje ochrannou hráz. Hráz tedy účinně plní ochranu na Q_{100} . Odtokové poměry se navrženou hrází mírně zhoršily. Hlavně v inundačním území u Mířejovic, kam směřuje velká část průtoku, dochází ke vzduť hladiny až o 15 cm. To se mírně projevuje i na rozlivu na pravém břehu. Pod Starými Ouholicemi je hladina navýšena jen o několik centimetrů (viz příloha č.11).



Obr. 13: Model se znázorněnou hloubkou při Q_{100}

6 ZÁVĚR

Úkolem této práce bylo vypracování studie současného stavu protipovodňové ochrany obce Nová Ves – Staré Ouholice a následně navrhnout protipovodňová opatření, která by ochranu Starých Ouholic zvýšila. Účinnost návrhů bylo poté třeba ověřit výpočtem hladin během povodňových průtoků a následně zjistit, jak navržená opatření ovlivní úroveň hladin během povodňových průtoků.

Vypracování studie současného stavu protipovodňové ochrany a následnému návrhu dalších protipovodňových opatření předcházela obhlídka lokality a získání potřebných podkladů společně s informacemi o průběhu historických povodní. Následně byla zpracována situace a popis jednotlivých opatření v zájmové lokalitě.

Vzhledem k charakteru území byla jako nejúčinnější možnost ochrany zvolena ochranná hráz vypracovaná ve dvou variantách. První varianta byla navržena jako prodloužení již vybudované hráze na hodnotu mezi deseti a dvacetiletým průtokem. Druhá varianta pak byla navržena tak, aby chránila zájmové území na průtok stoletý. Obě varianty byly zakresleny do situace a byly vypracovány podélné profily společně s vzorovými řezy hrázemi.

Pro výpočty byl použit program HEC-RAS 5.0.1 ve kterém byl vytvořen model 2D proudění. Model byl zkalibrován a následně do něj byly přidány ochranné hráze.

Obě varianty se při návrhovém průtoku projeví jako účinné. Z hlediska proveditelnosti a finanční náročnosti by byla první varianta dostupnější, avšak druhá varianta by chránila rozsáhlejší území a na výrazně vyšší průtok. V případě zájmu o vybudování hráze by bylo třeba zpracovat rizikovou analýzu včetně odhadu potenciálních povodňových škod a podle ekonomické efektivnosti vybrat jednu z variant.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ INFORMACÍ

- [1] Mapy.cz [online]. [cit. 2016-03-16]. Dostupné z:
<https://mapy.cz/zakladni?x=14.3324798&y=50.2892742&z=13&l=0>
- [2] MISYS-WEB. Obec Nová Ves [online]. [cit. 2016-03-16]. Dostupné z:
<http://nova-ves.obce.gepro.cz/>
- [3] Staré Ouholice. *Oficiální stránky obce Nová Ves* [online]. [cit. 2016-03-16].
Dostupné z: <http://www.nova-ves.cz/obec-7/casti-obce/stare-ouholice/>
- [4] Karel, Šoral. *Kronika Nové Ouholice 1784-1984* [online]. [cit. 2016-03-16].
Dostupné z:
<http://www.nova-ves.cz/obec-7/zajimavosti-a-turistika/stare-kroniky/>
- [5] Souhrnná zpráva o povodni v srpnu 2002. *Vodohospodářský dispečink Povodí Vltavy* [online]. 2003 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z:
<http://www.pvl.cz/files/download/hydrologicke-informace/zpravy-o-povodni/2002-08-zprava-o-povodni.pdf>
- [6] Povodně 2013: Letecké záběry zatopených oblastí Česka. *Ludvík Hradílek* [online]. Dostupné z: <http://zpravy.aktualne.cz/domaci/povodne-2013-letecke-zabery-zatopenych-oblasti-ceska/r~4e894c4cd6ac11e29d36002590604f2e/r~807fd636d6ab11e2a9120025900fea04/>
- [7] Fotky z povodní [online]. Dostupné z:
<http://www.zam.fme.vutbr.cz/~raud/povodne/index.php?co=Vn>
- [8] Jakoubek, Martin. VHS PROJEKT s.r.o. *Zpráva o povodni Nová Ves 2013*. [online]. Kralupy nad Vltavou, 2013 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z:
<http://www.nova-ves.cz/aktuality/?ftshow=58>
- [9] Staré Ouholice v roce 2006. *idnes* [online]. [cit. 2016-04-16]. Dostupné z:
http://i.idnes.cz/13/061/org/SPI4bb617_Ouholice2_bmp.jpg
- [10] Stavby a průtoky na vodních tocích. *Povodí Vltavy, státní podnik* [online]. [cit. 2016-03-26]. Dostupné z:
<http://www.pvl.cz/portal/SaP/pc/>

- [11] Souhrnná zpráva o povodni v oblastech povodí Horní Vltavy, Berounky a Dolní Vltavy březen-duben 2006. *Centrální vodohospodářský dispečink Povodí Vltavy, státní podnik* [online]. 2006 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z:
<http://www.pvl.cz/files/download/hydrologicke-informace/zpravy-o-povodni/2006-0304-zprava-o-povodni.pdf>
- [12] Souhrnná zpráva o povodni v dílčích povodích Horní Vltavy, Berounky, Dolní Vltavy a ostatních přítoků Dunaje červen 2013. *Centrální vodohospodářský dispečink Povodí Vltavy, státní podnik* [online]. 2014 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z:
<http://www.pvl.cz/files/download/hydrologicke-informace/zpravy-o-povodni/2013-06-zprava-o-povodni-spravce-povodi.pdf>
- [13] Povodňový plán obce. *VOP Dolní Bousov, spol. s.r.o.* [online]. 2015 [cit. 2016-03-27]. Dostupné z:
<http://www.nova-ves.cz/obec-7/protipovodnova-opatreni/povodnovy-plan-obce/>
- [14] Vltava – Mapa povodňového nebezpečí CDS. *DHI a.s., Sweco Hydroprojekt a. s.* [online]. 2015 [cit. 2016-03-27]. Dostupné z:
http://cds.chmi.cz/?id=208&lang=cs&presenter=CDSMap&wmapp=CDS&wmap=cds_project_208_mpn#center=-742038,-1035693&zoom=4
- [15] Jakoubek, Martin a kol. VHS PROJEKT s.r.o. *Technická zpráva Odstranění následků povodňových škod z 06/2013 - Nová Ves*. Kralupy nad Vltavou, 2015.
- [16] Pohůnková, Michaela. Povodí Vltavy, státní podnik. *Povodí Vltavy zvýšilo kapacitu řeky Vltavy*. [cit. 2016-04-27].
Dostupné z: http://www.pvl.cz/files/download/PPO_OUHOLICE.pdf
- [17] Jakoubek, Martin a kol. VHS PROJEKT s.r.o. *Protipovodňové opatření Nové Ouholice – zahrazení podjezdu pod tratí*. Kralupy nad Vltavou, 2014.
- [18] Nácvik protipovodňových opatření. *Oficiální stránky obce Nová Ves* [online]. [cit. 2016-04-29]. Dostupné z:
<http://www.nova-ves.cz/obec-7/fotografie/rok-2014/nacvik-protipovodnovych-opatreni/?pageshowing=6>

- [19] Nácvik protipovodňových opatření. *Oficiální stránky obce Nová Ves* [online]. [cit. 2016-04-29]. Dostupné z:
<http://www.nova-ves.cz/obec-7/fotografie/rok-2014/nacvik-protipovodnovych-opatreni/?pageshowing=6>
- [20] ŘÍHA, Jaromír. *Ochranné hráze na vodních tocích*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2010, 223 s. ISBN 978-80-247-3570-2
- [21] Jakoubek, Martin a kol. VHS PROJEKT s.r.o. *Odborný posudek protipovodňových opatření v obci Obříství*. Kralupy nad Vltavou, 2015.
- [22] Gary W. Brunner. *HEC-RAS 5.0 2D Modeling Users Manual*. 2016

8 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázky

Obr. 1: Vyznačení lokality na mapě [1]	9
Obr. 2: Letecký snímek Starých Ouholic [3]	10
Obr. 3: Staré Ouholice a Měřejovice povodeň 2002 [7]	12
Obr. 4: Staré Ouholice povodeň 2006 [9]	13
Obr. 5: Staré Ouholice povodeň 2013 [6]	14
Obr. 6: Pohled na začátek hráze ze vzdušného líce	16
Obr. 7: Pohled na hráz z návodního líce	17
Obr. 8: Zakončení hráze za Měřejovicemi	17
Obr. 9: Zahrazený propustek během suché zkoušky [18]	19
Obr. 10: Nácvik výstavby původního návrhu hrazení podjezdu [18]	19
Obr. 11: Jedno pole mobilního hrazení z návodní strany [18]	20
Obr. 12: Model se znázorněnou hloubkou při Q_{10-20}	28
Obr. 13: Model se znázorněnou hloubkou při Q_{100}	29

Tabulky

Tab. 1: Stupně povodňové aktivity Praha – Malá Chuchle [9]	21
Tab. 2: N-leté průtoky a historické povodně Praha – Malá Chuchle [10]	21
Tab. 3: N-leté průtoky a historické povodně Vraňany [10]	21
Tab. 4: Parametry ochranné hráze Q_{10} - Q_{20}	24
Tab. 5: Parametry ochranné hráze Q_{100}	26
Tab. 6: Použité hodnoty Manningova drsnostního součinitele	27
Tab. 7: Hodnoty okrajových podmínek:	27